

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-055983

(43)Date of publication of application : 24.02.1998

(51)Int.Cl.

H01L 21/285
C23C 14/34
C23F 4/00
H01L 21/203
H01L 21/31
H05H 1/46

(21)Application number : 09-074686

(71)Applicant : VARIAN ASSOC INC

(22)Date of filing : 12.03.1997

(72)Inventor : LAI KWOK FAI
DREWERY JOHN

(30)Priority

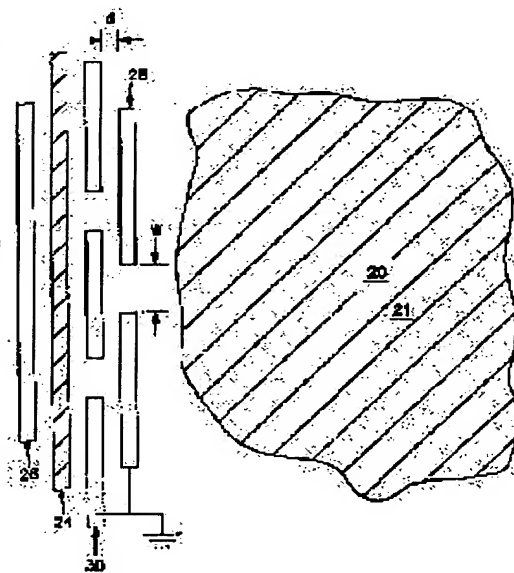
Priority number : 96 614980 Priority date : 12.03.1996 Priority country : US

(54) INDUCTIVELY COUPLED PLASMA REACTOR HAVING FARADAY SPUTTER SHIELD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To make it possible to operate at high electric power by including a plurality of slots attached at a right angle to an RF coil and blocking all line-of-sight routes between a plasma formation area within a chamber and the outer wall.

SOLUTION: A double slot shield is formed as to have a shield element of an inner shield 28 offset from the slot of an outer shield 30 so that a line-of-sight route between a plasma 20 and an RF coil 26 may be blocked. The double slot shield protects an inductive cylinder 24 from conductive vapor-deposit contamination only when the average free path of a metallic atom in the plasma 20 is very longer than a distance between two shield layers 28 and 30. In addition, a slot width w is set so that the layers 28 and 30 may be overlapped with each other so as to realize such a state that no line-of-sight route exists between the plasma 20 and RF coil 26. Thus, this reactor can be operated at high electric power.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

12.03.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-55983

(43)公開日 平成10年(1998)2月24日

(51)Int.Cl. ⁹	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
H01L 21/285			H01L 21/285	S
C23C 14/34			C23C 14/34	T
C23F 4/00			C23F 4/00	A
H01L 21/203			H01L 21/203	S
21/31			21/31	D

審査請求 未請求 請求項の数40 FD (全13頁) 最終頁に続く

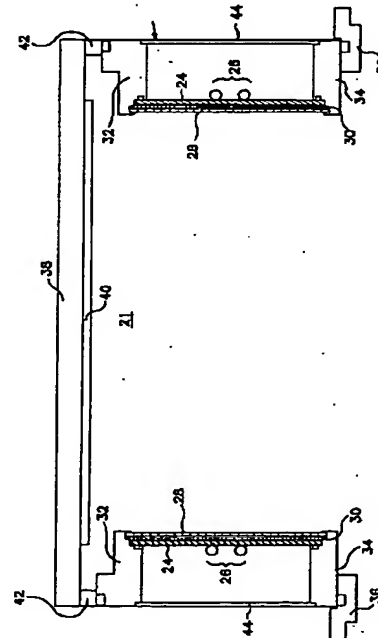
(21)出願番号	特願平9-74686	(71)出願人	591030673 バリアン・アソシエイツ・インコーポレイ テッド VARIAN ASSOCIATES, I NCORPORATED アメリカ合衆国カリフォルニア州パロ・ア ルト、ハンセン・ウェイ3050番地
(22)出願日	平成9年(1997)3月12日	(72)発明者	クウォーク・ファイ・ライ アメリカ合衆国カリフォルニア州パロ・ア ルト、ヴァン・オーケン・サークル 959
(31)優先権主張番号	614980	(72)発明者	ジョン・ドレウェリイ アメリカ合衆国カリフォルニア州マウンテ ン・ビュー、サイプレス・ポイント 505
(32)優先日	1996年3月12日	(74)代理人	弁理士 竹内 澄夫 (外1名)
(33)優先権主張国	米国(US)		

(54)【発明の名称】 ファラデー・スパッタ・シールドを有する誘導結合されたプラズマリアクタ

(57)【要約】

【課題】従来よりも高電力で運転可能なエッチング及び蒸着用の誘導結合プラズマ(ICP)またはトランス結合プラズマ(TCP)(ICP/TCP)リアクタを与える。

【解決手段】プラズマチャンバの外部に配置されたRF付勢コイルを有する誘導結合プラズマリアクタと、誘電チャンバ内に形成され該コイルによって付勢されるプラズマと、チャンバ内の該プラズマとRFコイルとの間に配置されるスロットを有するファラデースパッタシールドが与えられる。スロットを有するファラデースパッタシールドは、RFコイルとプラズマとの間の容量結合を防止し、かつ誘導結合を許して、プラズマとRFコイルとの間に見通し経路を与えないように形成される。好適には、ファラデースパッタシールドの外側面はスムーズに高電気伝導度仕上げされ、内側面はプラズマ処理の最中に蒸着された物質の接着を補助するべく粗く仕上げられている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】プラズマリアクタであって、内部で半導体基板が処理され、その外壁が誘電材料で作られたプラズマ閉じ込めチャンバと、前記外壁の付近に配置されたRFコイルと、前記チャンバ内の前記外壁に近接して配置されたファラデースパッタシールドであって、前記RFコイルに直角に方向付けられた複数のスロットを含み、前記チャンバ内のプラズマ形成領域と前記外壁との間のすべての見通し経路を遮るところのファラデースパッタシールドと、から成る装置。

【請求項2】請求項1に記載のプラズマリアクタであって、さらに前記チャンバ内に配置されたマグネトロンスパッタターゲットから成る装置。

【請求項3】請求項2に記載のプラズマリアクタであって、さらに前記マグネトロンスパッタターゲットの磁石をその垂直軸線の回りに回転させるための手段から成る装置。

【請求項4】請求項1に記載のプラズマリアクタであって、さらに直流バイアス電圧を生成するためのバイアス電源と、前記直流バイアス電圧を前記ファラデースパッタシールドへ電気的に結合させるための手段と、から成る装置。

【請求項5】請求項2に記載のプラズマリアクタであって、さらに直流バイアス電圧を生成するためのバイアス電源と、前記直流バイアス電圧を前記ファラデースパッタシールドへ電気的に結合させるための手段と、から成る装置。

【請求項6】請求項1に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは内側面及び外側面を有する円筒形に画成され、該内側面は該内側面とスパッタターゲットからスパッタされた物質との間の接着を強化するべく処理されている、ところの装置。

【請求項7】請求項6に記載のプラズマリアクタであって、前記外側面はその表面の伝導性を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されている、ところの装置。

【請求項8】請求項2に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは内側面及び外側面を有する円筒形に画成され、該内側面は該内側面とスパッタターゲットからスパッタされた物質との間の接着を強化するべく処理されている、ところの装置。

【請求項9】請求項8に記載のプラズマリアクタであって、前記外側面はその表面の伝導性を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されている、ところの装置。

【請求項10】請求項4に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは内側面及び外側面を有する円筒形に画成され、該内側面は該内側面とスパッタターゲットからスパッタされた物質との間の接着を強化するべく処理されている、ところの装置。

【請求項11】請求項10に記載のプラズマリアクタであって、前記外側面はその表面の伝導性を強化するべく

高伝導度金属が被膜処理されている、ところの装置。

【請求項12】請求項5に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは内側面及び外側面を有する円筒形に画成され、該内側面は該内側面とスパッタターゲットからスパッタされた物質との間の接着を強化するべく処理されている、ところの装置。

【請求項13】請求項11に記載のプラズマリアクタであって、前記外側面はその表面の伝導性を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されている、ところの装置。

10 【請求項14】請求項1に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは内側面及び外側面を有する円筒形に画成され、該内側面は第1の粗さの第1仕上げを有し、該外側面は第2の粗さの第2仕上げを有し、前記第1の粗さが前記第2の粗さより粗い、ところの装置。

【請求項15】請求項14に記載のプラズマリアクタであって、前記外壁が石英で作られているところの装置。

【請求項16】請求項14に記載のプラズマリアクタであって、前記外壁がアルミナで作られているところの装置。

20 【請求項17】請求項15に記載のプラズマリアクタであって、さらに円筒形で、前記RFコイルの付近に配置された電気的伝導性のラジオ周波数インターフェースシールドから成る装置。

【請求項18】プラズマリアクタであって、内部で半導体基板が処理され、誘電材料で作られた窓を含むプラズマ閉じ込めチャンバと、前記チャンバの外部で前記窓に近接して配置されたRFコイルであって、前記窓に近接した該RFコイルの少なくとも一部は平坦に形成されているところのRFコイルと、前記チャンバ内で前記窓に近接して配置される平坦なファラデースパッタシールドであって、少なくともひとつのスロットを有し、RFコイルと前記チャンバ内のプラズマ形成領域内に形成されたプラズマとの間の誘導結合をほとんど減衰させることなく両者の間の容量結合を減衰させ、前記プラズマ形成領域と前記窓との間のすべての見通し経路を遮るところのファラデースパッタシールドと、から成る装置。

30 【請求項19】請求項18に記載のプラズマリアクタであって、さらに直流バイアス電圧を生成するためのバイアス電源と、前記直流バイアス電圧を前記ファラデースパッタシールドへ電気的に結合させるための手段と、から成る装置。

40 【請求項20】請求項18に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは上側及び下側を有するように組み立てられ、該下側は該下側とリアクタの動作中にリアクタ内に存在すると思われる材料との接着を強化するよう処理されている、ところの装置。

50 【請求項21】請求項20に記載のプラズマリアクタであって、前記上側はその表面伝導度を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されているところの装置。

【請求項22】請求項19に記載のプラズマリアクタであって、前記ファラデースパッタシールドは上側及び下側を有するように組み立てられ、該下側は該下側とリアクタの動作中にリアクタ内に存在すると思われる材料との接着を強化するよう処理されている、ところの装置。

【請求項23】請求項22に記載のプラズマリアクタであって、前記上側はその表面伝導度を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されているところの装置。

【請求項24】請求項23に記載のプラズマリアクタであって、前記窓は石英から作られているところの装置。

【請求項25】請求項23に記載のプラズマリアクタであって、前記窓はアルミナから作られているところの装置。

【請求項26】請求項24に記載のプラズマリアクタであって、さらに円筒形で、前記RFコイルの付近に配置された電気的に伝導性のラジオ周波数インターフェースシールドから成る装置。

【請求項27】請求項1に記載の装置であって、さらにプラズマガス供給、真空ポンプ、ウエハハンドリング器具、RF電源及びコントローラから成る装置。

【請求項28】請求項18に記載の装置であって、さらにプラズマガス供給、真空ポンプ、ウエハハンドリング器具、RF電源及びコントローラから成る装置。

【請求項29】請求項6に記載の装置であって、さらにプラズマガス供給、真空ポンプ、ウエハハンドリング器具、RF電源及びコントローラから成る装置。

【請求項30】請求項7に記載の装置であって、さらにプラズマガス供給、真空ポンプ、ウエハハンドリング器具、RF電源及びコントローラから成る装置。

【請求項31】半導体基板をプラズマ処理するための方法であって、プラズマ処理すべき半導体基板を誘電材料から作られた外壁を有するプラズマ閉じ込めチャンバ内に包囲する工程と、RFコイルを前記チャンバの外側であって前記外壁の付近に配置する工程と、前記外壁を前記チャンバ内の前記外壁付近に配置されたファラデースパッタシールドでシールドする工程であって、前記シールドは前記RFコイルに直角に方向付けられた複数のスロットを有し及び前記チャンバ内のプラズマ形成領域と前記外壁との間のすべての見通し経路を遮る、ところの工程と、前記RFコイルをRF信号で付勢する工程と、から成る方法。

【請求項32】請求項31に記載の方法であって、さらに前記ファラデースパッタシールドの内側面とスパッタターゲットからスパッタされる物質との間の接着を強化するよう該内側面を処理する工程と、から成る方法。

【請求項33】請求項32に記載の方法であって、さらに、表面伝導性を強化するべく前記ファラデースパッタシールドの外側面を高伝導度金属で被膜処理する工程と、から成る方法。

【請求項34】半導体基板をプラズマ処理するための方

法であって、プラズマ処理すべき半導体基板を誘電材料から作られた窓を有するプラズマ閉じ込めチャンバ内に包囲する工程と、RFコイルを前記チャンバの外側であって前記窓の付近に配置する工程であって、前記窓に近接した前記RFコイルの少なくとも一部が平坦に形成されているところの工程と、前記外壁を前記チャンバ内の前記窓付近に配置された平坦ファラデースパッタシールドでシールドする工程であって、前記シールドは少なくともひとつのスロットを有し、RFコイルと前記チャンバ内のプラズマ形成領域内に形成されたプラズマとの間の誘導結合をほとんど減衰させることなく両者の間の容量結合を減衰させ、前記プラズマ形成領域と前記窓との間のすべての見通し経路を遮るところの工程と、前記RFコイルをRF信号で付勢する工程と、から成る方法。

【請求項35】請求項34に記載の方法であって、さらに前記ファラデースパッタシールドの内側面とスパッタターゲットからスパッタされる物質との間の接着を強化するよう該内側面を処理する工程と、から成る方法。

【請求項36】請求項35に記載の方法であって、さらに、表面伝導性を強化するべく前記ファラデースパッタシールドの外側面を高伝導度金属で被膜処理する工程と、から成る方法。

【請求項37】プラズマ処理装置内で使用するためのファラデースパッタシールドであって、管状構造の内側に形成された内側面と管状構造の外側に形成された外側面を有する中空管状構造体であって、前記内側面及び前記外側面が中心軸線の回りに配置されるところの中空管状構造体と、前記中心軸線に平行に、前記内側面及び外側面を通じて配置された複数の縦方向スロットと、から成り、前記シールドは前記中心軸線と前記外側面との間のすべての見通し経路を遮り、前記内側面は該内側面とスパッタターゲットからスパッタされた物質の接着を強化するべく処理され、前記外側面はその面の伝導性を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されている、ところのシールド。

【請求項38】請求項37に記載のシールドであって、前記内側面は第1粗さの第1仕上げに仕上げられ、前記外側面は第2粗さの第2仕上げに仕上げられ、前記第1粗さは前記第2粗さより粗い、ところのシールド。

【請求項39】プラズマ処理装置内で使用するためのファラデースパッタシールドであって、フラットでプレーナな構造体であって、該構造体の片面に配置された第1プレーナ面と該構造体の反対面に配置された第2プレーナ面を有する構造体と、前記第1面及び前記第2面を通じて配置された少なくとも一つのスロットであって、前記シールドが前記第1面と第2面の間のすべての見通し経路を遮り、前記第2面は該第2面とスパッタターゲットからスパッタされる物質の接着を強化するべく処理され、前記第1面はその面の伝導性を強化するべく高伝導度金属が被膜処理されている、ところのスロットと、か

ら成るシールド。

【請求項40】請求項39に記載のシールドであって、前記第2面は第1粗さの第1仕上げに仕上げられ、前記第1面は第2粗さの第2仕上げに仕上げられ、前記第1粗さは前記第2粗さより粗い、ところのシールド。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本願は半導体素子等を処理する際に使用するための装置に関する。特に、本願はプラズマを内包するチャンバの外部の誘導プラズマソース及び該チャンバの内部のファラデースパッタシールドを伴う新規なプラズマスパッタデポジション(PSD)リアクタ並びにプラズマエッチ及び蒸着に関する。付加的に、該ファラデースパッタシールドは自浄式に作られている。

【0002】

【従来の技術】集積回路を製造するべく半導体ウエハを処理する際に、半導体ウエハ上に物質を付着させかつそこから物質をエッチングするためにしばしば補助的プラズマ処理が使用される。そのような処理は、プラズマエッチング、反応イオンエッチング(RIE)、プラズマ強化化学気相蒸着(PECVD)、及び多くの周知処理を含む。そのようなプラズマを形成しかつ付勢するために、所定の圧力のガスが含まれ処理が実行される真空ベッセル内の一つまたはそれ以上の付勢電極へ電力を付勢するべく、概してラジオ周波数(RF)電源が使用される。典型的に、RF電源からの電力を真空チャンバ内の付勢電極へ効果的に結合するべく、マッチングネットワークが使用される。そのようなRF電源及びマッチングネットワークの動作及び構成は当業者に周知である。

【0003】真空チャンバ内の電極間の電場の作成により、ガス内に存在する電子は最初はガス分子と弾性衝突する。この処理を続けるに従い、電子はよりエネルギーを獲得し、ついにガス分子と非弾性的に衝突し始める結果、励起またはイオン化した原子が形成される。結局、励起及び原子と電子の再結合が平衡状態となるような定常状態のプラズマが形成される。非常に反応性が高いイオン及びラジカル原子がプラズマ内で生成され、半導体ウエハの物質をエッチングまたは蒸着するべく使用され得る。プラズマの作用または磁場及び/またはDC若しくはRF自己誘導バイアス機構の外からの印加のいずれかにより真空チャンバ内に形成された電磁場は、真空チャンバ内のエッチング及び蒸着処理を制御するために使用される。

【0004】最近の半導体産業の要求トレンドは、より微細なデバイスをより大きな半導体基板上により高いスループットを達成しながら製造することである。したがって、半導体組立装置に関する目標は、迅速な処理、少ないダウンタイム並びに低レベルの汚染及び素子ダメージを実現できる装置を与えることである。また現在生産されている8インチの半導体基板及び将来製造される予

定の12インチの基板により与えられる比較的広い表面にわたって均一なエッチングを達成できることが非常に所望される。高電力はより迅速な処理を生じさせるが、リアクタチャンバの壁などの不所望な場所からの物質のエッチング及び蒸着といった問題を導いてしまう。

【0005】半導体に応用するべく金属薄膜を蒸着するための金属イオンの使用は最近広く研究されてきた。特に、IBMは、プレーナマグネトロンからスパッタされた中性金属原子をイオン化するために誘導結合されたRFコイルを使用するリアクタの開発に従事してきた。そのような実験用の典型的なリアクタ10が図1に示されている。

【0006】図1に示されるように、マグネトロンターゲットカソード14(ここで、誘電リアクタ真空チャンバ15の垂直軸13の回りに回転し、ターゲットカソードの領域内に閉ループ磁場を形成する固定磁石組立体である)とチャック18上のウエハ16との間のチャンバ内に、マグネトロンターゲットカソード14からスパッタされた金属原子をイオン化するべくRFコイル12が配置されている。RF電力を2回巻のRFコイル12に印加することによって、密な誘導結合プラズマが生成される。このアプローチは高密度のプラズマの生成には有効であることがIBM社員により証明されたが、半導体処理に使用するためには商業的に有利な技術ではないといった多くの問題を伴っている。

【0007】上記IBMのアプローチの重大な問題は、RFコイル12がチャンバ15の内部でプラズマと直接接触することである。RFコイル12に大きな電力を結合するため、RFコイルは比較的高いRF電圧(少なくとも2〜3百ボルトのオーダー)を付勢しなければならない。この高電圧により必然的に、RFコイルが生成したしたがって接触する高密度プラズマによってRFコイル自身がスパッタされてしまうことになる。コイルがカソードターゲット(すなわち、スパッタソース)以外の材料でできている場合には、コイルのスパッタリングにより、蒸着薄膜はコイル材料で汚染されてしまう。この結果は受け入れることができない。この問題の一つの解は、スパッタ源と同じ材料からRFコイル自身を作ることである。このアプローチはある種の物質の蒸着には有利であるが、チタン(Ti)及びタングステン(W)のような抵抗率の高い物質の場合には、RF回路のQ値を下げてエネルギーをプラズマに結合することがより困難になってしまうために返って不利である。また一般に、スパッタチャンバ内での使用に適した高純度の材料からRFコイルを組み立てることは比較的高価な仕事である。この問題の他の解は、RFコイルを銅(Cu)などの材料から製造し、その後スパッタソースからの蒸着物質をその上にスパッタする方法である。この場合には、もしコイルがスパッタされても少なくともしばらくの間はソース材料が与えられるだけである。この技術は、RF回路のQ値の減少及びRFコイルの被膜レ

ベルに随時注意する必要があるといった問題を導く。

【0008】上記の両方の方法において、コイルの侵食はRFコイル自身の寿命に重大な制限を課す。RFコイルの必要な定期的交換により、付加的なコストもかかってしまう。RFコイルの交換には時間が必要であり、大変な作業であり、リアクタを汚染にさらし、しかも高価で不所望である。これらの方法は、スパッタされたターゲット材料がコイル上に積まれ、それがはげ落ち、その時製造中の半導体ウエハをたたいてダメージを与える等の更なる粒子汚染の欠点を導入してしまう。

【0009】プラズマ放電に接触したことによるRFコイルの熱を除去するために、内部水流によりRFコイルを冷却する必要があるという新たな問題が持ち上がる。この場合、侵食によりRFコイルを破壊する激しいプラズマ放電に近接したリアクタチャンバ内のRFコイルを通じる水流を配置しなければならない。すると、続いてアーキング(arcing)、腐食及び電気分解の問題が生じてしまう。これらの問題を解決するためには、付加的な処置及びコストが必要である。

【0010】内部RFコイルの他の不所望な性質は、RFコイルとプラズマとの間に重大な容量結合が存在することである。容量結合されたプラズマは、高電圧、アーキング、過度のスパッタリング及び処理中のウエハの直徑にわたってスパッタ材料の不均一な密度プロファイルを生じ生成する傾向にあるため、そのような容量を最小化することが非常に所望される。

【0011】Barnesらによる米国特許第5,178,739号には、チャンバの一端に配置された内部プレーナコイル及びチャンバの対向端に配置された基板上にそこからの材料がスパッタ蒸着されるところの円筒形ターゲットを採用するスパッタ蒸着リアクタが開示されている。それは初期の目的を解決するが、高入力電力レベルでのプラズマとコイルの相互作用の問題を回避できない。

【0012】多くの付加的な参考文献には、プラズマ方式のスパッタリング装置に伴う一般的な問題が議論されている。Davidseらによる米国特許第3,369,991号には、プラズマを形成するべくプレーナ電極がRF電源に接続されているところのスパッタ蒸着チャンバが開示されている。Thorntonらによる米国特許第4,126,530号には、円筒形カソードを使ったスパッタクリーニング/エッチング/コーティング装置が開示されている。Roseらによる米国特許第5,228,963号には、長いフィラメントをスパッタコーティングする際に使用する中空カソードマグネトロンが開示されている。Coleらによる米国特許第5,328,582号には、スパッタ蒸着されるべきマグネトロンターゲットのベアリング材料と被膜されるべき基板との間で相対的に回転移動する軸外レマグネトロンスパッタリング装置が記載されている。

【0013】Morselyらによる米国特許第5,431,799号には、内部RFコイルを採用する他のプラズマリアクタが開

示されている。Cuomoらによる米国特許第5,433,812号には、エンドタイプの誘電窓及びトランス結合プラズマ(TCP)動作のプレーナRFコイルを採用するプラズマリアクタが開示されている。プレーナRFコイルにより生成される容量性電場をグランドヘシヤントするためのシールドがRFコイルと誘電窓との間の位置のチャンバの外側に与えられる。シールドはRFコイルにより導入されプラズマを付勢するための誘導磁場に対してはほとんど影響を与えずに容量結合電場を減少させるよう作用する。同様の構成がMahoneyらによる"Characterization and Organic Film Deposition of a Broad Area, Planar RF Induction Source"(November, 1992 American Vacuum Society Conference, Chicago, Illinois)に記載されている。

これらの構成は初期の目的を達成するが、もしそれらが伝導性金属原子のスパッタ蒸着に使用されれば、シールドとプラズマの間に誘電壁または窓を挿入することが真空チャンバ内の誘電壁または窓の内側に金属(伝導性)被膜を形成する可能性を導き、その結果RFコイルからの電力はブロックされチャンバ内のプラズマを付勢することができなくなる。

【0014】最後に、Hullらによる米国特許第4,795,879号が半導体ウエハの製造には直接関係しないが、完全のために述べられる。Hullらは誘導結合された外部RFコイル付勢プラズマジェット装置を開示する。スパッタされるべき材料は装置のチャンバ内に導入される。装置はプラズマを形成するべく動作する。その後、プラズマ蒸気はチャンバの外で膨張し、超微細かつ超純粋なパウダーまたは被膜を形成するためにチャンバ外の冷却集合面上に蒸着される。Hullらの装置は好適には、純粋金属のガスレスプラズマ、外部RF誘導コイル及び誘電プラズマチャンバ壁を使用する。誘電チャンバ壁の短絡は、外部RFコイルとチャンバ内プラズマの間の見通し経路を妨げる垂直方向にスロット形成され、水冷され、セグメントされたシールドのインターロック組立体の使用により避けられる。Hullらの装置は初期の目的は達成するが、チャンバ内の半導体素子の製造には不適である。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】従って、上記参考文献は、プラズマ蒸着リアクタ内に配置されたシリコンウエハ上に伝導性薄膜を蒸着するための高出力な誘導結合プラズマデポジションリアクタを与えない。内部コイルICPデポジションリアクタに関する上記文献の装置は所期の目的は達成するが、現在の商業的に所望で実質的な安価なコストでのスループット比及びダウンタイム割合を達成するための十分な電力を扱う能力が不足しており、上記外部コイル素子は商業的に実質的なスループット比、安価なコスト及び許容範囲のダウンタイム割合で適当な電力を扱う能力を伴って、薄膜蒸着リアクタ構造内で半導体ウエハ組立用のファラデーシールドと共に適当なスパッタシールドを与えることはない。

【0016】

【課題を解決するための手段】本願は処理用の真空エンベロープ内に配置された半導体ウエハ上に薄膜を蒸着しまたはエッチングするのに使用される誘電真空エンベロープを有する、半導体処理の際に使用するためのプラズマリアクタに適用可能である。そのようなリアクタは、プラズマが真空エンベロープ内に誘導結合されたRF電源により付勢されるところのプラズマ補助プロセスを利用する。

【0017】本願発明の第1の態様に従って、RFコイルまたはアンテナは、リアクタチャンバの外側で該リアクタチャンバの真空エンベロープの外側に配置され、プラズマと直接接触することはない。同時に、スロットが形成されて接地されるかまたは選択的にバイアスされたファラデーシールドが、RFコイルとプラズマ間のすべての容量結合を短絡するために真空エンベロープ内に配置されている。またファラデーシールドはプラズマとRFコイルの間の見通し経路を物理的に閉じることによってスパッタシールドとしても機能し、それによってRFコイルに近接する真空エンベロープの内壁を、RFコイルとプラズマとの間の誘導結合をブロックする伝導性物質の不要な蒸着から保護することができる。ファラデースパッタシールドは、RFアンテナとプラズマとの間の誘導結合に相対的に変化を与えずに、真空エンベロープ内部の両者の間の容量結合をブロックするように機能する。本願は誘導結合プラズマ(ICP)プロセス及びトランス結合プラズマ(TCP)プロセスを含むさまざまな構成に使用することができる。さらに、本願はスパッタデポジションリアクタ、外部RFコイルにより付勢される他のプラズマデポジションリアクタ及びプラズマエッチャーとともに使用することもできる。

【0018】本願の第2の態様にしたがって、ファラデースパッタシールドは、シールド上への蒸着積高を制御し同時に自浄能力を与えるよう調節可能なバイアス電圧源を有する。

【0019】本願の第3の態様にしたがって(自浄オプションとともに使用するものではなく)、当該シールドは、装置内の粒子汚染を防ぐべくスパッタ材料を内側面に接着させるシールドの能力を最大限にしながらRFアンテナとプラズマとの間のより効果的な誘導結合を促進するために、シールドの外側はスムーズで非常に伝導性の高い被膜(例えば、金、銀または銅を平らな面全体に敷いたもの)を施しかつシールドの内側面はでこぼこの形状を与えるように構成されている。

【0020】本願の第4の態様にしたがって、ファラデースパッタシールドは、プラズマ処理中にその表面のスパッタリングを最小限にするべくチャンバへ接地されている。非常に高電力な運転を許容するべく、シールドの積極冷却(すなわち、冷媒をシールドエレメント内に循環させるような)も実行され得る。

【0021】したがって、本願発明の目的は、従来よりも高い電力で運転することができるエッチング及び蒸着用の誘導結合プラズマ(ICP)またはトランス結合プラズマ(TCP)(ICP/TCP)リアクタを与えることである。

【0022】本願発明の他の目的は、より速い半導体処理能力を有するICP/TCPリアクタを与えることである。

【0023】本願発明の他の目的は、外部RFコイルを伴うICP/TCPリアクタを与えることである。

【0024】本願発明の他の目的は、スロットを有する内部シールドを伴うICP/TCPリアクタを与えることである。

【0025】さらに、本願発明の他の目的は、プラズマを付勢するべくRF信号の誘導成分がシールドを通過することを許し、同時にリアクタチャンバ内で粒子汚染の形成及び飛散を防止するような表面を与えるべく最適化された内部シールドを与えることである。

【0026】本願のこれら及び他の多くの目的及び利点は、以下の詳細な説明及び図面によって当業者に明らかにされる。

【0027】

【発明の実施の形態】本願発明の以下の説明が例証であって、いかなる限定も伴わないことは当業者の認めるところである。本願発明の他の実施例は、開示範囲の研究により当業者が容易に提案できるものである。

【0028】図2は、新規なRFコイルまたはアンテナを組み込む本願発明の第1の好適実施例に従うICPリアクタの水平断面の一部を表したものである。リアクタチャンバの部分的平面図である図2を見ると、プラズマ形成領域21内のプラズマ放電20は誘電チャンバ壁24(外壁)に囲まれたシールド構造体22により包囲されている。壁24は好適には石英ガラスまたは低RF減衰とともに高温真空中でコンパチブルな材料、例えばアルミナから形成されている。RFコイル26は誘電チャンバ24の回りに巻かれている。

【0029】スパッタデポジションリアクタの形状に関する本願発明の好適実施例に従い、該リアクタは1キロワットを超える入力電力で運転される。励起RFエネルギーは好適には約100KHzから約2000KHzまたはそれ以上の範囲である。RFコイルまたはアンテナは空気または液体冷却され得る。空冷がより単純であり好適である。リアクタチャンバの圧力は、アルゴンがプラズマの自己点火に必要な約0.2ミリトルとなる約0.1ミリトルから100ミリトルの範囲に維持される。当業者に周知のようにTiNデポジションを達成するのと同様に窒素ガスが導入される。マグネトロンは必要ではないが、スパッタターゲットに回転固定磁石マグネトロンを採用するのが好適である。回転マグネトロンは、当業者に周知のように均一にターゲットを使用するのに所望される。スパッタターゲットの蒸着される材料は本願発明と一緒に使用を意図されている。これらには、チタン(Ti)、タングステンチタ

ン(TiW)、銅(Cu)、アルミニウム(Al)などが含まれる。非導電材料も蒸着され得る。さらに、当業者に周知なスパッタデポジション構成以外にも、他のプラズマリアクタ構成が使用され得る。

【0030】シールド構造体22として多くの構成が可能である。これらのいくつかは、本願のICPリアクタとともに使用する5つの好適なシールド構成の水平断面の一部として、図2(B)、図2(C)、図2(D)、図2(E)、及び図2(F)に示されている。図2(B)は発明者に使用される最も好適なものであり、プラズマ20とRFコイル26の間に見通し経路を排除するよう外側シールド30のスロットからオフセットされた内側シールド28のシールドエレメントを有する二重スロットシールドである。図2(C)~(F)は同様に作用する他の可能な実施例である。付加的に、所望ならば、さらにシールドエレメントを冷却しより高電力なプラズマの使用できるように、シールドエレメントの上と下の間を冷媒が流れるように冷却チャネルを与えることもできる。そのような方法が、ここに参考文献として組み込む米国特許第4,795,879号に記載されている。

【0031】水平断面で示されたプラズマ放電の付近のシールド及びICPリアクタの一部を示す図3により明確に示されるように、図2(B)の二重垂直スロット円筒シールドは、金属原子の平均自由行程(すなわち、プラズマ内の)が2つのシールド層28と30の間隔dよりも非常に長い場合に限り、誘電シリンダ24を伝導性蒸着汚染物から保護するのに有効である。スロット幅Wは、プラズマとRFコイルの間に見通し経路が無い状態を達成するようシールド28と30の間を十分にオーバーラップする限り、決まった大きさを有しない点に注意すべきである。同様に、プラズマ内のスパッタされた金属原子のような原子の平均自由行程はリアクタ内のガス圧力の関数である点にも注意すべきである。したがって、約1ミリのアルゴンではチタン原子のMFPは1cmのオーダーであるが、10ミリのアルゴンではMFPは約1mmに落ちる。

【0032】図4は、二重垂直スロットシールド構造を形成する2つのシールド28及び30の配列を示す本願発明の好適実施例に従うICPリアクタの平面図である。

【0033】図5は本願発明の好適実施例に従うICPリアクタの垂直断面図である。上記したような二重垂直スロットシールドを実現することの他に、この構成には他のいくつかの革新的な特徴が存在する。誘電シリンダ24とリアクタの他の部分との間に真空シールを与えるべく、上側及び下側アダプタエンドフランジ32、34がそれぞれ使用される。アルミニウム製のアダプタを製造することが好適である。図5のアルミニウム製下側アダプタフランジ34が、リアクタチャンバフランジ36へ誘電シリンダ24をシールするように示されている。同様に、マグネトロンターゲット組立体38は、リアクタチャンバのカバーを形成し、マグネトロンターゲット40及びアルミの

上側アダプタフランジ32が誘電シリンダ24をシールするところのセラミックインシュレータ42を含む。

【0034】アルミニウムアダプタフランジ32、34はまたシールド28、30をチャンバ壁に接地するための電気的導体として機能し、所望であればマグネトロンターゲット組立体を含むチャンバ組立体の上側部分の重量を支持するのを補助するべく使用され得る。2つのアルミニウムアダプタフランジ32、34の間隔は、(1)外側接地シールド(シールド28、30のRF帰還電流経路としてかつ外部に放出されるRF干渉を減少するためのRFコイル26用の放射シールドとして機能する)によって、(2)それらの間を誘電隔離することによって、または(3)誘電シリンダ24の高さによって決定される。上記1または2の構成に関して、シリンダ24は、好適には少なくとも部分的に接地シールド44に支持されているマグネトロンターゲット組立体38の全部の重量ではなく内側から外側へ(真空から室内圧力へ)1気圧を扱う構造的な能力が必要なだけであるので、好適な石英誘電シリンダ24の壁厚は(好適には0.25インチまで)最小化され得る。RFコイルからプラズマまでの距離が減少すれば、リアクタ内でプラズマへ電力をより良く結合することができる。接地シールド44はシールド28、30のRF帰還電流経路として、及び外界へ放出されるRF干渉を減少させる目的のためのRFコイル用放射シールドとして機能する。

【0035】ファラデースパッタシールド構造体28、30は、RFコイルにより生成された場の容量成分がファラデースパッタシールドの内部へ伝搬するのを防止する電気的短絡を与えることによって、本質的にRFコイルとプラズマとの間の容量結合を除去する。

【0036】本願発明はまた伝導性材料と同様に非伝導性材料の蒸着及びエッチングに対しても使用され得る。非伝導性材料を蒸着またはエッチングするべく誘導結合プラズマ(ICP)ソースを使用することに伴う問題は、真空エンベロープの石英壁上にも同様にその材料の蒸着が生じることである。誘電シリンダに対ししばしば汚染防止用の特別の対策(例えば、ビードブラस्टینگ(bead blasting)、酸浸け)を講じなければ、そのような材料はすぐに積み上げられ、スムーズな誘電シリンダへの材料の接着が不十分であるためはげ落ちはじめる。そのような対策は、リアクタの分解並びにリアクタエンベロープの除去及び/または交換の必要がある。これは不可避免的にチャンバ内で製造されるべき生産物が粒子汚染される危険性を生じさせる。上記したような内部シールドの使用は、一定の時間間隔の後にシールドを犠牲にして誘電シリンダを蒸着材料から本質的に完全に保護する。そのような金属シールドは、特にそれらの表面がでこぼこしているときスパッタ材料を石英壁よりも多く付着させ、その結果チャンバを開き及び/または必要な部品を交換するための必要なダウンタイム間のより長い時間間隔を生じさせる。そのような金属シールドの交換は、誘

電シールドを洗浄するよりも非常に簡単であり、したがってそのような金属シールドはいくらか類似的に、物理気相蒸着(PVD)リアクタ内で現在通常使用されているスパッタリングシールドとして使用され得る。

【0037】内部シールドは伝導性であるため、バイアスされ得る。そのようなバイアスは、シールドの寿命を延長しながらシールド上への物質の蒸着を減少させ得る。そのようなバイアスは誘電シリング上へはそれが非伝導性であるため使用不可能である。本願発明の好適実施例にしたがって、可変DCバイアス46が、図8に示されるような従来のDCバイアス結合回路48により内部シールド22へ印加される。好適には、シールドを装置のグラウンド50へ直接結合する代わりに、該シールドはRFキャパシタ52を通じてグラウンド50へ結合される。RFがバイアス電源に入らないようにDCバイアスがシールドをバイアスするよう構成された低域フィルタ54、56は、可変DCバイアス電源46を該シールドへ結合するべく使用される。RFとシールドのDC接地の分離により、シールドは電源46により選択された所望のDCポテンシャルでバイアスされ得る。シールドのバイアスを制御することによって、蒸着物質の蒸着及びエッチング速度(イオンのスパッタリングによる)は平衡かほぼ平衡になる。理想的な状態は、シールドのあらゆる場所で正味の蒸着速度がエッチング速度よりほんの少し大きいことである。この状態はシールドの寿命を著しく延長する。

【0038】エッチングが行われるところでは、エッチングされた物質が再び基板上に移送されることは所望なことではない。そのような場合には、処理工程のサイクルの間に現場洗浄サイクルが使用される。すなわち、エッチングされた物質がシールド上へ蒸着するよう通常のエッチング中は当該シールドは接地される。洗浄サイクルの間、シールドはイオン衝撃及びスパッタリングを強化するため負ポテンシャルにバイアスされる。反応ガス(例えば、酸素除去用のH₂)がエッチングされた物質をその後排気される揮発性ガスへ変換するべく使用される。同様のICPソースがプラズマ生成用に使用されるため、特別の電極またはRF電源は現場洗浄工程を実行するのに必要ではない。同一のソースがエッチング及びクリーニングの両方で使用されることによって、より均一な洗浄が達成される。ICPはグロー放電よりも高いプラズマ密度を有するため、グロー放電電源に依存する従来の装置よりも現場洗浄サイクルはより短時間で達成可能である。

【0039】本願発明のシールドは特定の応用に対する最適化を容易にするべく多くの方法で構成され得る。図2(B)~(F)は、そのようなシールドのいくつかの異なる断面構成を示したものである。原子の平均自由行程がシールドのスロット間の間隔d(図3)より非常に長い限り、これらすべての構成は同様に機能する。

【0040】本願はプラズマ放電を形成するためにICP

を使った円筒形誘電真空チャンバの使用に関して開示してきたが、他の構成も請求の範囲内に含まれる。例えば、非円筒ドーム形または円錐台形チャンバも使用され得る。同様に、シリンダは円筒形で示されているが、ICP内で使用するためにシールドが円筒形である必要はなく、中心軸または垂直軸から外側面へのすべての見通し経路をブロックするような構造であるところのスロットを有する概して中空構造であればよい。

【0041】次に図9から17に移って、トランス結合プラズマ(TCP)リアクタとともに本願発明を使用するための装置が図示されている。これらの装置内に処理されるウェハ66を配置するウェハチャック65を包含するリアクタチャンバ64が与えられる。RF信号はチャンバ64内に誘導結合され得る。そうするために、プレーナなRFコイル/アンテナ68が好適には本質的にRF透過性でありかつアルミナ、石英または他の適当な高温真空材料から形成された誘電窓84の付近へ配置される。ファラデースパッタシールド70/72はチャンバ64内に付設された一対の平坦なエレメント70、72から形成され、それらはチャンバ64内のプラズマ形成領域から窓84への見通し経路を妨げるようオフセットされたスロットを含む。

【0042】容量結合を最小化しながら誘導結合を最大化するために、コイル及びスロットは実際上互いに直角に方向付けられなければならない。スロット及びコイルは同一の平面内に存在できないため、この場合の直角とは誘電チャンバ壁24または誘電窓84に直交する軸に沿っているという意味で直角である。例えば、好適実施例において、コイル68は図11に示されるように螺旋構造であるかまたは図12に示されるように階段螺旋構造であり、シールド70/72は図10に示されるように半径方向に向けられた(またはスポーク形状)スロット74が形成された一対のオフセットディスクから形成されている。

【0043】他の好適実施例において、図13に示されるような半径方向に向けられた(またはスポーク形状)アンテナ68は、図14に示されるような螺旋形スロットの形成された一対のオフセットシールド70/72または図15に示されるような階段螺旋形スロットの形成された一対のオフセットシールド70/72とともに使用され得る。

【0044】これらの実施例においてアンテナ68は好適にはプレーナであるが、その必要はなく図16または17に示されるようなつる巻きアンテナも同様に機能する。図16または17に示されるように、窓84に近接する部分が窓84に対し好適に平坦化されたつる巻き形の非プレーナRFコイル/アンテナ86が、真空チャンバの外側に配置される。一対のオフセットファラデースパッタシールド88、90が誘電窓84に隣接する真空チャンバ内に配置される。コイル86の上方から窓84を眺め降ろした図17に示されるように、シールド88にはコイル86の平坦部94に対し実質的に直角に配置された複数のスロット92が

形成されている。

【0045】シールドを構成する材料には2つの条件がある。第1に、シールドを付加したことによる電力損失を最小限にするために、シールド内のエディカレントが最小化されなければならない。この問題は、良好な伝導性材料（すなわち、金、銅または銀）からシールドを形成しかつ良好な表面伝導性のための良好な（非常にスムーズな）表面仕上げを施すことによって解決される。第2に、シールドの材料及び表面仕上げは、蒸着される材料または装置内に存在する多くの粒子の接着を促進するものでなければならない。使用される材料は装置を汚染するものであってはならない。典型的に、そのような問題は接着を促進するべく表面をでこぼこ仕上げにすることにより解決される。典型的に、でこぼこ面はビードブラスターにより表面を研磨するか同様の技術によって達成される。本願発明にしたがって、これら見かけ上矛盾する2つの要求が同時に満足される。

【0046】本願発明の好適実施例にしたがって、図6及び7に記載の垂直にスロットが形成されたシールド58がプラズマ処理の間に放出された物質を接着することができる材料から作られている。励起コイルにさらされたシールドの外側面60はスムーズ仕上げが施され、高伝導性材料がその面上にスムーズにコーティングされている。コイルが真空チャンバの外にある場合には、シールドのこのスムーズ仕上げは真空チャンバの内壁に近接して外側へ向いている。シールドの内側面62は、応用に必要だけビードまたはサンドブラスターによってでこぼこにされる。ある応用に対してはこの工程は全く必要ないがその他は必要である。

【0047】シールド58を組み立てる他の方法は、まずシールドを所望の形状に形成し、それ全体にスムーズ仕上げを施し、それに高い電気伝導性材料を被膜し、内側面62上の不所望な内部コーティングを研磨し及びその点にでこぼこ面を施すことである。

【0048】図9～図17のディスクタイプの実施例に対して、ディスクタイプのシールド70/72は上側80及び下側82（図9）を有し、該上側80はRFコイルからのRFエネルギーが通過するところの誘電窓84に近接している。好適には上側80は表面伝導性を強化するべく外側面60と同様にスムーズでありかつコーティングされている。下側82は接着を強化するべく内側面62と同様にでこぼこ処理されている。

【0049】最後に、図18を見ると当業者に認識されるように、上記されたプラズマリアクタ100（付加的に従来のマグネトロン組立体を含む）は、プラズマガス（典型的にはアルゴン）供給104、RFコイルを付勢するためのRF電源106、プラズマリアクタチャンバ100の圧力を制御するための真空ポンプ108、ウェハをハンドリングするためのウェハハンドリング器具110（例えば、チャンバ内にウェハをロードまたはアンロードする従来の

機構、チャンバ100内の従来のウェハテーブル及びチャック、従来の基板バイアス電源など）を含む装置102内で使用されるものである。好適には、コントローラまたは多重コントローラ112が当業者に周知の従来の方法で装置のさまざまなコンポーネントをモニターし制御する。装置102もまた好適には当業者に周知のいくつかの半導体処理工程を実行するためのクラスタツールデバイスの一部であり得る。

【0050】本願発明の実施例及び応用例が説明されてきたが、発明の思想から離れることなく上記した以外の多くの変形が可能であることは当業者の知るところである。特に、装置は基板が底面にある構成で説明されてきたが、処理面が上側ではなく下側になるように保持される構成でも問題はない。この方向付けを実行する締め付け装置は周知である。したがって、本願は特許請求の範囲に記載された発明の思想にのみ限定される。

【図面の簡単な説明】

【図1】図1は、プラズマエッチング及びデポジション用の典型的な従来の誘導結合プラズマリアクタの略示図である。

【図2】図2(A)は、本願発明の好適実施例に従うICPリアクタの水平断面図の一部を表したものである。図2(B)～(F)は本願の好適実施例に従うICPリアクタとともに使用するための好適シールドの5つの実施例の水平断面の一部を表したものである。

【図3】図3は水平断面で示されたプラズマ放電に近接するICPリアクタ及びシールドの一部を表したものである。

【図4】図4は本願発明の好適実施例に従うICPリアクタの平面図である。

【図5】図5は本願発明の好適実施例に従うICPリアクタ垂直断面図である。

【図6】図6は本願発明の好適実施例に従う、ICPリアクタRFコイル、誘電チャンバ壁及びスロットを有するシールドを表す斜視図である。

【図7】図7は、本願発明の好適実施例に従うICPリアクタのスロットを有するシールドの斜視図である。逆円錐部分とともに概して円錐形を有するように本願にしたがって形成された電極の図である。

【図8】図8は可変DCバイアス回路を伴う本願の好適実施例に従うICPリアクタの水平断面図の一部である。

【図9】図9は本願発明の好適実施例に従うTCPリアクタの略示図である。

【図10】図10は、図9のTCPリアクタとともに使用するための半径方向ヘスロットを有する平坦な内部フレアデスパッタシールドの平面図である。

【図11】図11は、図9に従うTCPリアクタとともに使用するプレーナ螺旋RFコイルの平面図である。

【図12】図12は、図9に従うTCPリアクタとともに使用するプレーナ階段螺旋RFコイルの平面図である。

17

【図13】図13は、図9に従うTCPリアクタとともに使用するスポーク状RFコイルの平面図である。

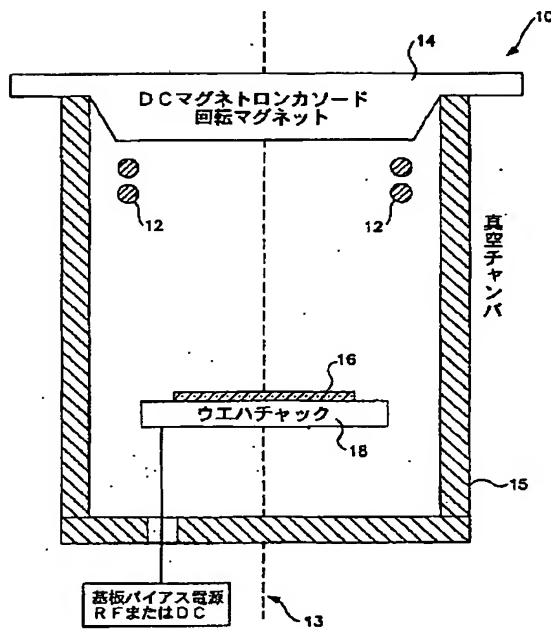
【図14】図14は、図9に従うTCPリアクタとともに使用する螺旋状のスロットを有するプレーナ内部ファラデースバッタシールドの平面図である。

【図15】図15は、図9に従うTCPリアクタとともに使用する階段螺旋状のスロットを有するプレーナ内部ファラデースバッタシールドである。

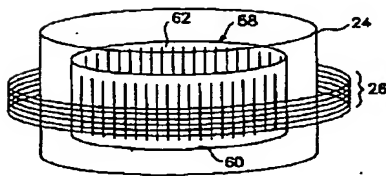
【図16】図16は、図9に従うTCPリアクタとともに使用する誘電窓に対して配置される平坦コイル部を有する螺旋RFコイルの側面図である。

【図17】図17は、図9に従うTCPリアクタ及び図16のRFコイル配置とともに使用するスロットを有するプレーナ内部ファラデースバッタシールドの平面図である。

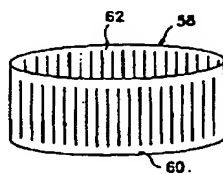
【図1】



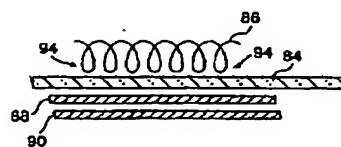
【図6】



【図7】



【図16】



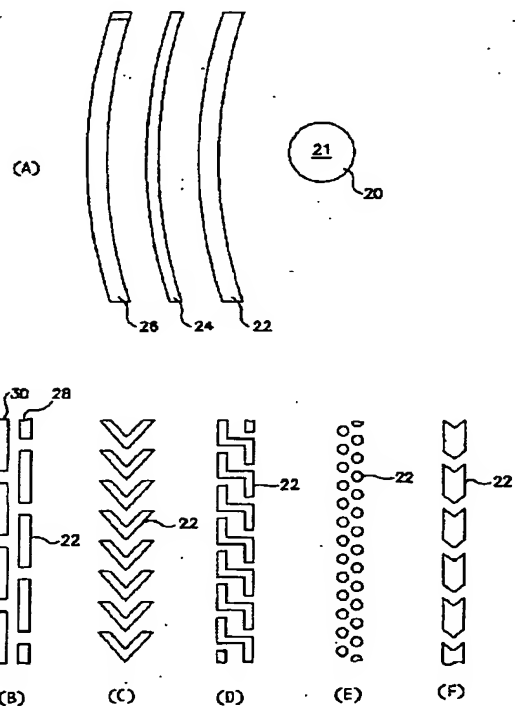
18

【図18】図18は、本願発明の好適実施例に従うプラズマリアクタ用の装置ブロック図である。

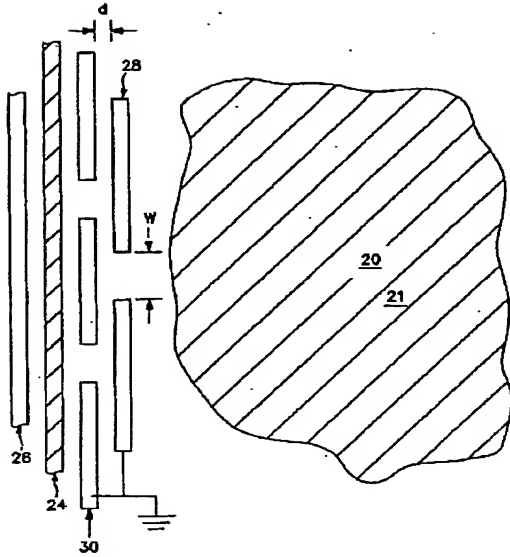
【符号の説明】

21	プラズマ形成領域
24	誘電チャンバ壁
26	RFコイル
28	内側シールド
30	外側シールド
32	上側アダプタエンドフランジ
34	下側アダプタエンドフランジ
36	リアクタチャンバフランジ
38	マグネトロンターゲット組立
40	マグネトロンターゲット
42	セラミックインシュレータ
44	接地シールド

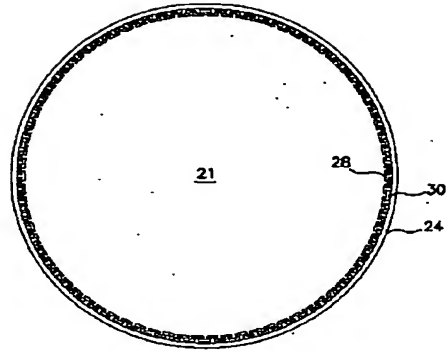
【図2】



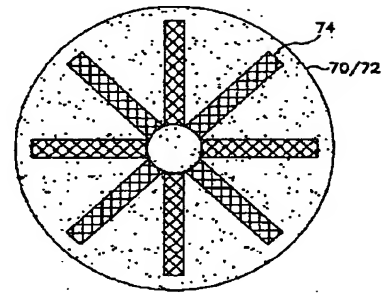
【図3】



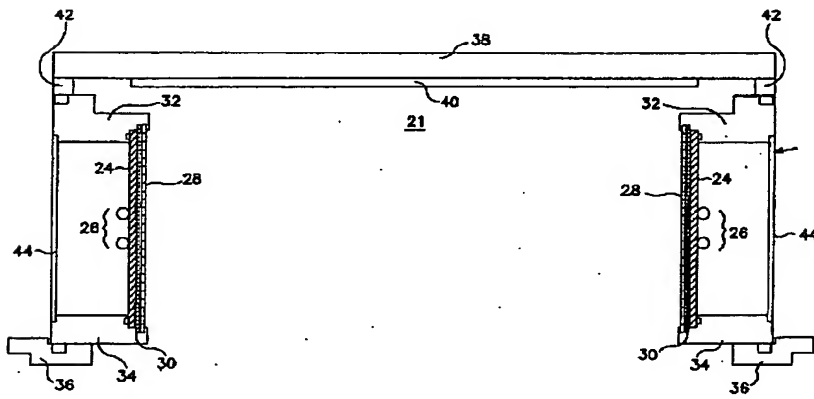
【図4】



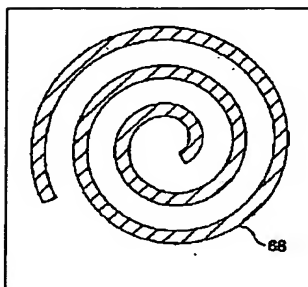
【図10】



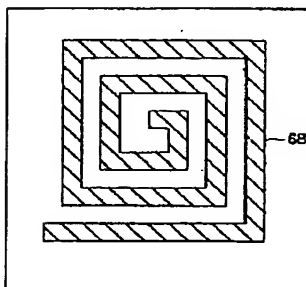
【図5】



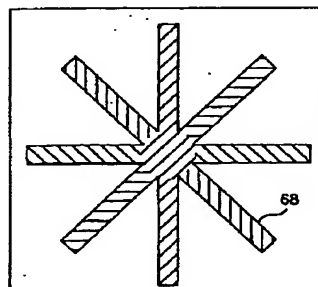
【図11】



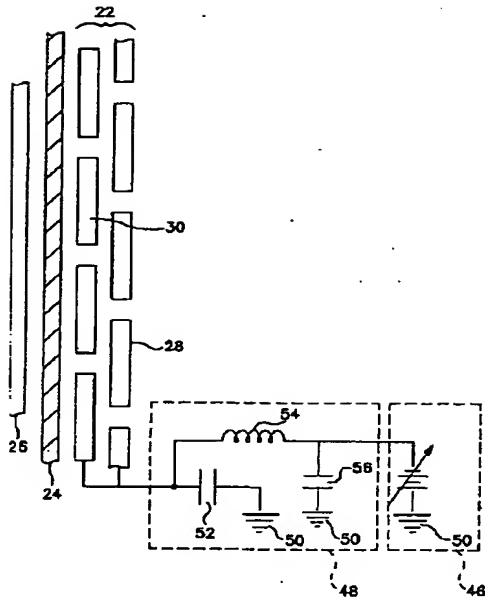
【図12】



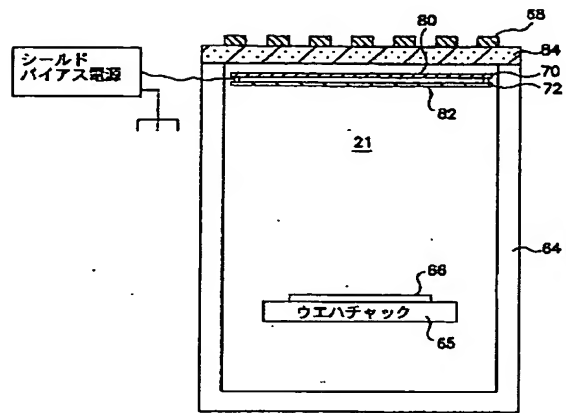
【図13】



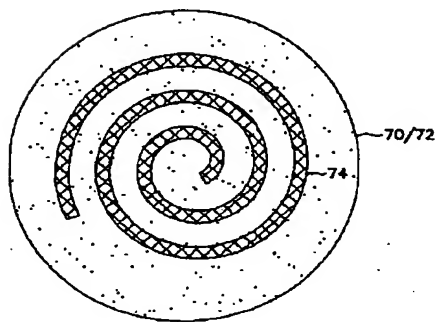
【図8】



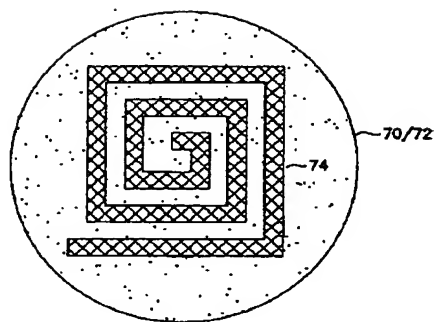
【図9】



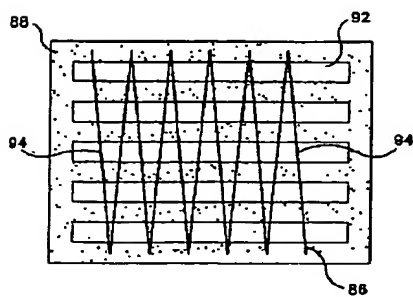
【図14】



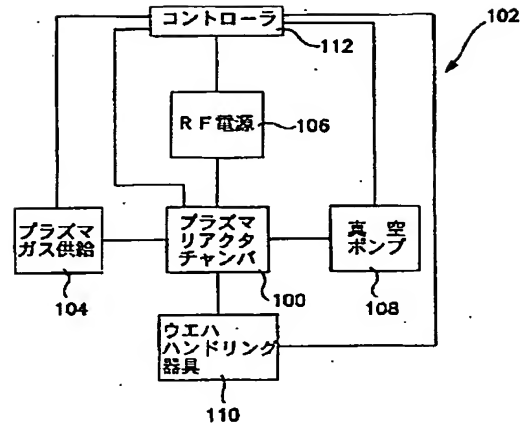
【図15】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H05H 1/46

識別記号

庁内整理番号

F1

H05H 1/46

技術表示箇所

A